

AB

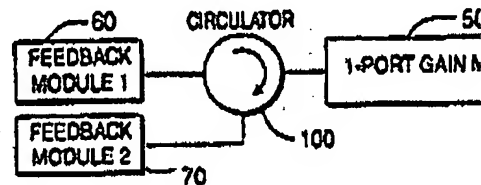
MULTIWAVELENGTH ACTIVELY MODE-LOCKED EXTERNAL CAVITY SEMICONDUCTOR LASER

Patent number:	WQ0017971	Also published:	EP1121
Publication date:	2000-03-30		US6192
Inventor:	ABELES JOSEPH HY		CA2344
Applicant:	SARNOFF CORP (US)		EP1121
Classification:			
- international:	G02B6/42; H01S5/022; H01S5/065; H01S5/10; H01S5/14; H01S5/50; G02B6/42; H01S5/00; (IPC1-7): H01S3/098	Cited documents:	US5285
- european:	G02B6/42C7; H01S5/022; H01S5/065		US5128
Application number:	WO1999US21891 19990920		US5590
Priority number(s):	US19980100979P 19980918; US19980191218 19981112		US5295
			XP0025

Report a data

Abstract of WQ0017971

A multiwavelength mode-locked MWML angled-stripe SOA laser that emits multiple discrete groups of wavelengths simultaneously in a short time interval, where each group is located at a wavelength suitable to wavelength division multiplexed optical transmission. Feedback (60, 70) and/or feedthrough optics (90) are combined with an angled-stripe SOA to provide different laser embodiments. The actively mode locked MWML laser emits individual spectral components at a plurality of wavelengths simultaneously. The optics are coupled to one or more angled-stripe SOA ports in reflective or optical ring resonator configurations to provide simultaneous feedback at the plurality of wavelengths and to provide substantially identical round-trip travel times and net gains within the lasing cavity for pulses at each of the plurality of wavelengths. A MWML laser so formed is particularly useful as a multiwavelength source for optical signal processing and transmission systems and can be placed in a hermetically sealed package.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2002-52587

(P2002-525879A)

(43) 公表日 平成14年8月13日 (2002. 8. 13)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

ターム(参考)

H 0 1 S 5/14
5/022
5/065H 0 1 S 5/14
5/022
5/065

5 F 0 7 3

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 46 頁)

(21) 出願番号 特願2000-571530(P2000-571530)
 (86) (22) 出願日 平成11年9月20日(1999. 9. 20)
 (85) 翻訳文提出日 平成13年3月13日(2001. 3. 13)
 (86) 国際出願番号 P C T / U S 9 9 / 2 1 6 9 1
 (87) 国際公開番号 W O 0 0 / 1 7 9 7 1
 (87) 国際公開日 平成12年3月30日(2000. 3. 30)
 (31) 優先権主張番号 6 0 / 1 0 0 , 9 7 9
 (32) 優先日 平成10年9月18日(1998. 9. 18)
 (33) 優先権主張国 米国 (U S)
 (31) 優先権主張番号 0 9 / 1 9 1 , 2 1 8
 (32) 優先日 平成10年11月12日(1998. 11. 12)
 (33) 優先権主張国 米国 (U S)

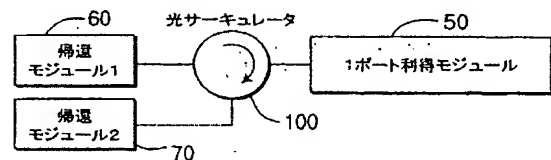
(71) 出願人 サーノフ コーポレイション
 アメリカ合衆国, ニュージャージー州
 08543, プリンストン シーエヌ 5300,
 ワシントン ロード 201
 (72) 発明者 アベルズ, ジョセフ, ハイ
 アメリカ合衆国, ニュー ジャーゲー
 州, ハイランド パーク, セダー レ
 ーン 32ディ
 (74) 代理人 弁理士 山田 行一 (外1名)
 Fターム(参考) 5F073 AA67 AB25 AB27 AB28 AB29
 BA02 EA04 FA06 FA25

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 能動的にモード同期された多重波長の外部キャビティ半導体レーザ

(57) 【要約】

波長分割多重方式の光伝送に適した波長で各グループが配され、短い時間間隔で多数の離散グループの波長を同時に放出する多重波長モード同期 (MWML) 有角ストライプSOAレーザ。帰還光学器 (60、70) 及び/又は貫通接続光学器 (90) を有角ストライプSOAに複合させて異なるレーザ実施例が形成される。能動的にモード同期させたMWMLレーザは複数の波長で個々のスペクトルコンポーネントを同時に放出する。その光学器は反射、あるいは光学リング共振器の構造で一つ以上の有角ストライプSOAポートに結合され、複数の波長で同時帰還を行い、複数の波長の各パルスに対しレーザキャビティ内にあって実質上同一な往復進行時間と、正味利得を供与する。このようにして形成したMWMLレーザは光信号処理および伝送システムに対し多重波長ソースとして特に有効であり、気密封止パッケージ内に配することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 能動的にモード同期された多重波長の外部キャビティ半導体レーザ（MWML）であって、前記MWMLレーザは：

光パルスがキャビティ内で循環する速度に実質上等しい周波数を有する無線周波数信号によってバイアスがとられた前記キャビティ内に配された半導体光学増幅器（SOA）を備える、少なくとも一つの光学利得モジュールであって、前記SOAは気密封止パッケージ内に装着され、前記SOAのポートにおいて周期的パルスを複数の波長で同時に出力する、少なくとも一つの光学利得モジュールと；

前記複数の波長でのパルスに対し前記キャビティ内にあって実質上同一な往復進行時間と、生成される各波長において実質上等しい正味利得とを供与するように、前記SOAの前記ポートに結合する帰還モジュールと貫通接続モジュールの内の少なくとも一つと、を備える、MWMLレーザ。

【請求項2】 前記帰還モジュールが前記複数の波長でシングルモード光の帰還を同時に行い、前記キャビティ内にあって実質上同一な往復進行時間と、生成される各波長において実質上等しい正味利得とを供与し、前記帰還光学器がシングルモード光ファイバ結合によって前記SOAの前記ポートに結合される、請求項1に記載のMWMLレーザ。

【請求項3】 前記複数の波長でシングルモード光の貫通接続を同時に行い、前記キャビティ内にあって実質上同一な往復進行時間と、生成される各波長において実質上等しい正味利得とを供与するように、前記貫通接続モジュールが前記SOAに結合され、前記貫通接続光学器がシングルモード光ファイバ結合によって前記SOAの前記ポートに結合される、請求項1に記載のMWMLレーザ。

【請求項4】 前記SOAが第一、第二ポートを有し、前記帰還光学器が該SOAの前記第一、第二ポートにそれぞれインタフェースする第一、第二ポートを具備する第一、第二ファイバ・グレーティングを備える、請求項1に記載のMWMLレーザ。

【請求項5】 前記第一、第二ファイバ・グレーティングは、前記複数の波

長を反射する、独特な周期性を有する複数のグレーティング構造体をそれぞれ有し、前記第一、第二ファイバ・グレーティングの各々にあるそれぞれのグレーティング構造体が第一端から第二端へ短い方の波長をそれぞれ反射し、また、前記第一、第二ファイバ・グレーティングが配列され、それによって前記複数の波長の各々でのパルスに対して前記キャビティ内にあって実質上同一な往復進行時間を供与するよう、前記第一ファイバ・グレーティングは前記第一ポートに連結される第一端を有し、前記第二ファイバ・グレーティングは前記第二ポートに連結される第二端を有する、請求項4に記載のMWMLレーザ。

【請求項6】 前記SOAが第一、第二ポートを有し、前記貫通接続光学器が光学リングキャビティの構造で前記第一、第二に接続される、請求項1に記載のMWMLレーザ。

【請求項7】 前記SOAが第一、第二ファセットを有し、前記ファセットの一方が前記ポートの一方に対応し、前記帰還光学器は、前記一方のポートにおける出力の一部を分割して、それぞれの狭い帯域で光を通過させて広い帯域で前記光を阻止する複数のカスケード配列をした伝送フィルタに前記出力の前記一部を供するスプリッタを備え、前記スプリッタと前記複数の伝送フィルタは前記第一、第二ファセット間の前記リング共振器構成に接続される、請求項6に記載のMWMLレーザ。

【請求項8】 前記SOAが前記ポートに対応するファセットを有し、前記帰還光学器は、ファイバ・グレーティングと、前記ファセットに連結される第一ポートと光学リング共振器の構成における前記ファイバ・グレーティングのそれぞれの端部に接続される第二、第三ポートとを有する光サーキュレータとを備える、請求項1に記載のMWMLレーザ。

【請求項9】 前記SOAが前記ポートに対応するファセットを有し、前記帰還光学器は、第一、第二ファイバ・グレーティングと、前記SOAに対し少なくとも二本の帰還路が供されるように前記ファセットに連結される第一ポートと前記第一、第二ファイバ・グレーティングにそれぞれ接続される第二、第三ポートとを有する光サーキュレータとを備える、請求項1に記載のMWMLレーザ。

【請求項10】 前記SOAが前記ポートに対応するファセットを有し、前

記帰還光学器は、第一、第二ファイバ・グレーティングと、前記SOAに対して少なくとも二本の帰還路が供されるように前記複数の波長でパルスの前記SOAの前記ポートから前記第一、第二グレーティングへ選択的に向ける変調器とを備える、請求項1に記載のMWMLレーザ。

【請求項11】 前記SOAが前記ポートに対応するファセットを有し、前記帰還光学器は、ファイバ・グレーティングと、キャビティ長さ調整アームと、前記ファセットに連結される第一ポートと前記ファイバ・グレーティングに接続される第二ポートと前記キャビティ長さ調整アームに接続される第三ポートとを有する光サーキュレータとを備える、請求項1に記載のMWMLレーザ。

【請求項12】 更に、個々のスペクトルコンポーネントを前記複数の波長で出力するように能動的にモード同期させた第二SOAを備え、前記帰還光学器は、ファイバ・グレーティングと、キャビティ長さ調整アームと、スプリッタと、前記SOAと前記第二SOAに光を分割するように前記スプリッタに接続される第一ポートと前記ファイバ・グレーティングに接続される第二ポートと前記キャビティ長さ調整アームに接続される第三ポートとを有する光サーキュレータとを備える、請求項1に記載のMWMLレーザ。

【請求項13】 前記SOAが前記ポートに対応するファセットを有し、前記帰還光学器は、第一、第二ファイバ・グレーティングと、前記SOAからの出力光を出力と前記有角ストライプSOAへの帰還とに分割するスプリッタと、前記スプリッタに連結される第一ポートと前記第一ファイバ・グレーティングに接続される第二ポートと前記第二ファイバ・グレーティングに接続される第三ポートとを有する光サーキュレータ、とを備える、請求項1に記載のMWMLレーザ。

【請求項14】 前記第一、第二ファイバ・グレーティングは、前記複数の波長を反射する、独特な周期性を有する複数のグレーティング構造体をそれぞれ有し、前記第一、第二ファイバ・グレーティングの各々にあるそれぞれのグレーティング構造体が第一端から第二端へ短い方の波長をそれぞれ反射し、また、前記第一、第二ファイバ・グレーティングが配列され、それによって前記複数の波長の各々でのパルスに対して前記キャビティ内にあって実質上同一な往復進行時

間を供与するよう、前記第一ファイバ・グレーティングは前記第二ポートに接続される第一端を有し、前記第二ファイバ・グレーティングは前記第三ポートに接続される第二端を有する、請求項13に記載のMWM Lレーザ。

【請求項15】 更に、個々のスペクトルコンポーネントを前記複数の波長で出力する第二S O Aを備え、前記スプリッタが前記S O Aと前記第二S O Aへの印加に対し出力光を分割し、前記S O Aと前記第二S O Aへの帰還を行うようにした、請求項14に記載のMWM Lレーザ。

【 発 明 の 詳 細 な 説 明 】

【 0 0 0 1 】

【 関 連 出 願 書 に 対 す る 相 互 参 照 】

本出願書は1998年9月18日に提出された米国暫定特許出願書第60 / 100, 979号の提出日の恩恵を請求する。

【 0 0 0 2 】

【 発 明 の 技 術 的 な 背 景 】

発 明 の 属 す る 技 術 分 野

本発明は、光ファイバ通信システム、および高速デジタル又はアナログ光信号の波長分割多重方式を採用する他の用途に有効な能動的にモード同期された多重波長の外部キャビティ半導体レーザに関し、特に、このようなシステムに用いる複数の光搬送波信号を同時にかつ確実に生成するための能動的にモード同期された多重波長の外部キャビティ半導体レーザに関する。

【 0 0 0 3 】

先 行 技 術 の 説 明

従来技術の多重波長光信号処理および伝送システムは、多数の変調器によってデジタル又はアナログ・データの変調に対して光搬送波を生成する光学ソースに依存している。変調された光搬送波は光ファイバ又はプレーナ型光導波路のようなシングルモード導波路、あるいは自由空間光学器によって提供できる伝送媒体中の実質上同一位置を占有する実質上同一な単一横空間モード内を伝播する。所定の光搬送波波長を一つまたはそれ以上の出力ポートに通すようにし、一方他の総てを入力ポートで拒絶するように光フィルタを設計することにより、各々の変調された光搬送波は他の総てから個々に識別ができる。このような変調された光搬送波はそれに乗せて搬送される情報を電子の形式に変換するために復調することができる。波長で識別される多数の光搬送波を用いたシステムは稠密波長分割多重 (DWDM) システムと呼ばれる。

【 0 0 0 4 】

従来技術のDWDMシステムに用いる光学ソースは波長毎に一つずつの個別レーザ・ソースコンポーネントである。これらソースの信頼性はBellcore

T R - N W T - 0 0 0 4 6 8 によって例証されるように、当業者には知られた寿命延長テストと、熱的、電氣的及び機械的な各テストの実施によって保証される。通常、このようなレーザ・ソースは慣例的には分布帰還形 (D F B) 設計の連続波、単周波数、単空間モードのダイオード・レーザであり、そのため、例えば40波長システムには40の個別D F Bレーザ・ソースと、付加的な光ファイバコンポーネント、電子コンポーネント及び電気機械的コンポーネントと、他の総てとの更なる複合に備え各変調光搬送波を伝送するための一つの光ファイバ出力ポートを含むこれらの接続部を収容した40の個別に製作したサブシステムが使用される。従って、このような各サブシステムは、各個別の光搬送波の波長毎に、同じように繰り返される付加的コンポーネント形態をとるに当たってのオーバーヘッドを必要とすることになる。

【0005】

従来技術の多重波長システム設計者が従来技術システムにおける各光搬送波の波長毎に、単に一つのソースだけではなく、サブシステム全体を設計することが要求される単波長光学ソースに依存しているのが現状である。多重波長伝送システム製品の複雑性とコストの主要な根源は電子、光学及び電気機械のコンポーネント、そのアッセンブリならびにアッセンブリと製造工程に関連するコストである。これらのコストは総て各光学ソース毎に個別に生じる。従って、単波長光学ソースは製造されるシステムにとっては深刻、不利な条件になるが、それは、それ等を適用すると使用される光搬送波波長の数が増えるに従って前述のコストを全部合計していかねばならないからである。このようなコスト増によって決まるシステムはサイズが大きく、過大な電力を消費し、信頼性上の問題があり、あるいは数多い光学ソースコンポーネントの使用に関連する望ましからざる頻度の保守管理を必要とする。

【0006】

従来技術には多数の光搬送波を同時に放出できる連続波 (c w) 光学ソースコンポーネントの実例が含まれる。一般に、c w ソースにはパルス・ソースと比較し固有の短所がある。Z a h と他によって発表された多数の c w 光搬送波を同時に形成できる技法では多数の D F B レーザを収容したモノリシック・チップが必

要とされる。実用上の目的のため、このような光電子集積回路の複雑性は低い歩留まりと、高コストを産むに至る。その上、テレコミュニケーションの用途に必要とされる信頼性を保証し、20またはそれ以上の個別レーザを含むソース・モジュール、これらのデバイスも同じく保証されねばならないが、それらをパッケージングにすることの難しさ故に、デバイスの機能性を実証するのに大変な挑戦を必要とする。

【0007】

パルス・レーザとは異なり、個々のcwレーザは変換自在であれ、単波長であるに拘わらず、多数の光搬送波を同時に放出することはできない。cw構成とは対照的に、パルス運用方式では増幅媒体によって与えられる往復利得と、dBで表されるレーザキャビティ内での往復伝播損との間の差として定義される正味利得の動力学に関し格別な利点が供与される。正味利得は一時的に、正味利得モードの最大値に対する閾値をあるマージンを持って超過し、複数の付加的モードが閾値を超過する事を可能にし、かくしてそれらもまたレーザ光を発する。このようなマージンは単一の利得媒体内での定常状態cw操作では維持できないが、それは正味利得クランプというそこでの定常状態現象が、単一モードに限って閾値に達し得ることを確実にしているためである。

【0008】

モード同期パルス・レーザ操作方式では、Delfyettと他によって開示されているように、多重波長操作方式の場合のcw操作に優る重要な利点が対照的に提供される。従来のモード同期パルス・レーザはレーザキャビティ内部における光信号往復進行時間と、1を超過する、又は1に等しい整数の係数によって除算したパルス周期との間では実質上同等の動作をする。実質上変換が制限されるとき、モード同期パルス・レーザは $\Delta t \Delta \nu = 0.4413$ に従って決まる半値全幅周波数スペクトル $\Delta \nu$ を占有するガウス・パルスを放出するが、ここで Δt は半値全幅パルス継続時間である。

【0009】

能動的にモード同期されたレーザは周期的な変化が正味利得に加えられるレーザである。Delfyettと他によって解説されるタイプの能動的にモード同

期された半導体外部キャビティレーザ (AMSECL) では、光学利得は有角ストライプ半導体光学増幅器 (SOA) により与えられる。AMSECL、即ち上記整数の係数が1であるAMSECLによって放出されるパルスの最小基本周期は実際のキャビティサイズによる制約を受ける。自由空間光学コンポーネントの場合、近似的な実際の下側バウンドは基本モード同期パルスでは167 psecであると考えられ、約2.5 cmキャビティに対応する。一般に、他の考慮すべき事柄には相当大きなキャビティAMSECLの設計が指示されよう。整数の係数が1を超過する調波モード同期又はAMSECLに後続して行われるパルス・インタリーブを用いて、従来技術に教示されるように、AMSECLにより形成されるものよりも短い期間を達成できる。

【0010】

AMSECLには他のモード同期レーザに優る多くの利点がある。それは有角ストライプSOAに準拠するため、小型に、しかも比較的安価に製作できることである。AMSECLの光学利得エレメントとしては一つの有角ストライプSOAが要求されるに過ぎない。2ターミナル・デバイスとして有角ストライプSOAは設計が簡単である。それはDFBレーザに類似するが、DFBより設計が簡単である。更に、能動ファイバ増幅器に求められるような個別のポンピングコンポーネントと増幅コンポーネントに含まれる複雑性を求める必要はない。帰還光学器とコリメーション光学器以外には付加的なコンポーネントは必要とされない。

【0011】

従来のAMSECLにあって、有角ストライプSOAにおける正味光学利得はレーザ脈動速度に実質上等しいRF周波数で有角ストライプSOAに周期的電気バイアスを直接印加することで変化する。従来のAMSECLから放出されるパルスの周波数スペクトルは従ってcwレーザのものから変更される。付加的な周波数コンポーネントは、基本モード同期の場合における脈動速度に対応して基本コンポーネントとはまったく別の周波数間隔で放出される。所定の基本コンポーネントに関わる実質的な波長コンポーネントの数は、基本的コンポーネントと関連する付加的波長コンポーネントによって占有される周波数スペクトル全体がパ

ルス周期の逆数に実質上等しくなるような値である。モード同期の期間にあつては、基本パルス繰り返し期間が2.5GHzである従来のモード同期レーザの事例が示されている図1のように均一コーム（楕形）の周波数が放出されるので、レーザから放出される基本波長は一意に識別できない。

【 0 0 1 2 】

従来技術の方法では個々の波長コンポーネントを光搬送波としてモード同期周波数コーム内で利用することが求められ、多重波長システムに要求される40nm帯域を網羅する100fs未満のパルス継続時間が必要とされる。100fsパルスを形成する代表的な従来技術による方法では有角ストライプSOAよりも一層高価で複雑な能動ファイバ増幅器の使用が必要とされる。100fsパルスの形成にはAMSECLによって必要とされるものよりも一層複雑かつ高価な光学システムの使用が要求される。他の不利な点は100GHzのチャンネル間隔を達成するために必要とされる100GHzという基本繰り返し速度である。そのため、極超短パルス（1ps未満）又は個々のモード同期周波数コンポーネントを光搬送波として使用することは、多重波長光信号処理／伝送システム用に好適な方法ではない。

【 0 0 1 3 】

図1に示すように、従来のモード同期レーザは一つの基本コンポーネントによって特徴づけられ、つまり単一の周波数コームコンポーネントによる。コームはチャンネル間隔と比較して周波数スペクトルが比較的狭い。従って、多重波長光信号処理および伝送システムのために、コーム全体を一つの光搬送波として用いることが好ましい。それ故、このようなモード同期レーザはDWDMシステムの観点から単波長モード同期レーザであると考えられる。

【 0 0 1 4 】

確実に多くの波長を同時放出するというパルス・レーザの特徴をうまく利用するには、多重光搬送波ソースが望ましい。

【 0 0 1 5 】

これらの問題が指摘されている多重波長モード同期（MWML）レーザはDelfyettと他によって提案されたものである。その提案されたシステムにあ

って、M W M L 単ストライプ構成の有角ストライプ S O A レーザは多数の基本周波数コンポーネントが放出される A M S E C L であるが、ここで、各基本周波数コンポーネントはそれ自身の独特なセットの付加的周波数コンポーネントに関連し、そのため、各基本周波数と付加的な周波数コンポーネントは独特なコームの周波数コンポーネントを成し、その結果、図 2 に示すように多数コームの周波数コンポーネントが M W M L レーザによって放出される。時間領域において、M W M L レーザは周波数領域における各コームのスペクトル幅の逆数にほぼ等しい全期間を有するパルスを出す。他のモード同期レーザとは異なり、M W M L レーザは周波数領域における各コームの位置に対応する異なる波長のパルスを多数同時に放出する。この M W M L の実施例を図 3 に示す。

【 0 0 1 6 】

図 3 に記載するのは R F ソース 1 4 からの無線周波数の周期的信号でバイアスがとられた有角ストライプ S O A 1 2 と、個々のスペクトルコンポーネントを複数の波長で明確にするため、有角ストライプ S O A 1 2 の出力をフィルタ処理するキャビティ内空間フィルタ 1 6 とを備える M W M L レーザ光ソース 1 0 である。M W M L キャビティの内部を循環するのは、光学キャビティ往復進行時間と、それぞれ形成される波長で実質上等しい正味利得を有する複数の波長で同時に形成されるパルスである。グレーティング 1 8 に組み合わせた空間フィルタ 1 6 はその出力部に垂直な面内で空間フィルタ 1 6 を並進させることによって予め決めた波長に選択的に同調させることができる。有角ストライプ S O A 1 2 が各キャビティモードを一体に結合して周期的モード同期パルスを形成できるよう、直流バイアスと共にクロック・ソース 1 4 によって無線周波数信号が有角ストライプ S O A 1 2 に出力される。有角ストライプ S O A 1 2 は好ましくは、有角ストライプ I n G a A s P、有角ストライプ G a A s / A l G a A s、又は 1 0 - 6 以下のファセット反射率を有する別の材料組成の有角ストライプ S O A が含まれる。このように低い反射率は、ある波長が強調される一方で他の波長が波状振動によって減衰されると考えられることから多重波長の生成を干渉することになるであろうファブリ - ペロ・モードによる波状振動から、有角ストライプ S O A 1 2 の利得スペクトルを干渉なく維持するために必要である。他のバルク光学デバイ

スもレンズ 20、22、24 と、ミラー 28、30、32 を含む図 3 に記載の設計に使用される。

【 0 0 1 7 】

図 2 に示すように多数の周波数コームを同時に放出する、図 3 に記載の M W M L レーザ光ソース 10 の能力は独特な特性であり、それによって該レーザ光ソースは多重波長光信号処理／伝送システム用の光搬送波ソースとして使用可能になる。このような用途にあつて、各周波数コームは光信号伝送に用いる搬送波として単独に役目を果たすことができる離散的波長ソースである。それによって、M W M L レーザ光ソース 10 は、W D M 伝送システムでの搬送波としての役目を果たす多数の c w 光ソースの必要性を排除することができるが、それは、各コームが W D M 用途の単一波長ソースに相当すると考えられるからである。

【 0 0 1 8 】

実際には、変調下で、コーム内の各周波数の線幅はコーム・エンベロープに相等する幅の 1 スペクトル・ピークに各コームを同化させるように広がり、各コームは W D M 通信システム内での信号伝送目的の搬送波波長として役目を果たす。

【 0 0 1 9 】

図 3 に記載するタイプの M W M L レーザ光ソース 10 は有角ストライプ S O A 12 のような広幅スペクトル利得媒体と、多数の波長で同時帰還を行い、キャビティ内各種波長の各々のパルスに対し実質上同一な往復進行時間と正味利得を供与する設計のキャビティとを備える。図 3 の M W M L レーザ・ソースは多重波長 A M S E C L (M W - A M S E C L) の基本原理を例証しているが、図 3 の設計では、商用テレコミュニケーション用途への適用に必要とされるような、実質的に有機材料を含まない気密封止パッケージに容易に応用がきかない点で、商用用途の可能性に制約が加わってしまった。

【 0 0 2 0 】

本発明は、多重波長光信号処理および伝送システムでの広域に亘る商用用途に一層適し、先行技術の上記制約を克服する、図 3 に記載の M W - A M S E C L の代替実現に関する。

【 0 0 2 1 】

【 発 明 の 概 要 】

本発明のMW-AMSECLソースは同時に、かつ、短い時間間隔で周期的に多数の離散光パルスを放出するが、ここで各離散パルスは多重波長光信号処理、又は伝送システムに要求される複数の波長間内の一つに適した周波数スペクトルであることを特徴とする。1ポート帰還モジュール、および/又は、2ポート貫通接続モジュールは、一つ以上の1ポート又は2ポート型利得モジュールと複合されてファブリ-ペロ・キャビティ、あるいはリングキャビティを形成し、複数の波長で同時帰還を行う。特に、それらのモジュールはMWMLレーザから放出される総ての波長のパルスに対しレーザキャビティ内で実質上同一な往復進行時間を供与し、かつ、MWMLレーザによって放出される総ての波長の信号に対し実質上同一な正味光学利得を供与する構成である。

【 0 0 2 2 】

これらコンポーネントを備えたMWMLレーザはSOA、可飽和吸収体及び変調器のような主要能動コンポーネントがエポキシのような有機材料を内部に含み一つ以上の気密封止シングルモードファイバ付きエンクロージャに收容されるようパッケージングされ、主要な受動コンポーネントは一つ以上の温度制御エンクロージャに收容され、総てのコンポーネントはシングルモードファイバ・ポートを用いて相互に接続される。従って、有角ストライプSOAの信頼性保証と適正はDFBレーザで採用される程度の簡単な方法をもって達成できる。SOAは一つ又は二つのシングルモードファイバ・ポートによって相互接続したこのようなパッケージ内に收容され、拡大長寿命テストはもとより、熱的、機械的、電気的応力の反復に耐える。それ故、MWMLレーザと、その総てのコンポーネントは、Bellcore TR-NWT-000468に解説されているような基準に従った信頼性の保証および信頼性の適格に適した方法でパッケージングされる。

【 0 0 2 3 】

本発明の若干の実施例にあっては、相当量の反射率利得を供与する1ポートSOAが使用され、そのためSOAはその一つのポートに入射する反射信号に利得を供与する。このような1ポートSOAの内部で増幅されている光信号の一部は

、出力部結合といったMWM Lシステム外部での更なる用途に備え、第二ポートを介して出てきてもよく、又出てこなくてもよい。

【 0 0 2 4 】

本発明の他の実施例にあつては、内部に実質上反射が生じぬ2ポートSOAが使用され、そのためSOAはその二つのポートのいずれかに入射する伝送信号に利得を供与する。

【 0 0 2 5 】

SOAには、InGaAs、InGaAsP、又は代替のIII-V半導体光電子増幅材料組成から成る有角ストライプ能動領域が使用されるのが好ましい。

【 0 0 2 6 】

一つ又は二つのポートを備えた帰還光学器には、有角ストライプSOAポートから受光した光の離散波長を優先的に反射および／または伝送するファイバ・グレーティングのような一つ以上の波長選択エレメントが使用されるのが好ましい。

【 0 0 2 7 】

第一実施例にあつて、1ポート有角ストライプSOAがファブリ・ペロ・キャビティ構造の帰還光学器と共に使用され、そのため往復進行時間と正味利得は反射された多重波長の各々に対し等しい。帰還光学器は、シングルモードファイバを含む多数のグレーティングから成り、それぞれの周期性がファイバ全長に沿った実質上同一位置に総て位置する複数のMWM Lレーザ波長の一つに対応し、それによって上記往復進行時間の規格を実質上満たしているのが好ましい。

【 0 0 2 8 】

第二実施例にあつては、二つの実質上同一であるが、分散反転させた帰還光学器が使用されるが、それはファブリ・ペロ・キャビティの構造に構成したデュアル・ポートSOAと共に異なる波長に対し異なる往復進行時間を供与する。これら光学器は、その二つのものである異なる往復進行時間が相互に補正し、それによって、一方をデュアル・ポートSOAの一つのポートに接続し、他をデュアル・ポートSOAの別のポートに接続することで往復進行時間が総ての波長に対し等しくなるように構成されるのが好ましい。帰還光学器は、各々が複数のMWM

Lレーザ波長の内の一つを反射する、独特な周期性をもつファイバの全長に沿った個々の非オーバーラップ位置に配される複数のグレーティング構造体を各々が有する、グレーティング構造体を備え、第一ファイバ・グレーティングにおける各グレーティング構造体はそのポートからの短い方の離散波長を、あるいは第二ファイバ・グレーティングの場合は長い方の離散波長をそれぞれ反射するのが好ましい。

【 0 0 2 9 】

別な実施例にあつては、貫通接続光学器が使用され、好ましくは、光学リングキャビティの構造をした有角ストライプSOAの第一、第二ポートにインタフェースをもつグレーティング・フィルタを備える。貫通接続光学器にはそれぞれ狭い光周波数帯域で光を通過させ、広い光周波数帯域では光を阻止する複数のカスケード配列した伝送フィルタを含めてもよい。複数の伝送フィルタには、一実施例にあつて、シングルモードファイバ内に配したグレーティング・フィルタを、他の実施例にあつては、プレーナ導波路内に配したグレーティング・フィルタを含めてもよい。いずれの場合にあつても、フィルタの機能はその入力部からその出力部へ複数の離散的波長を通過できるようにし、同時に、カスケード配列した伝送フィルタの狭帯域外の光は伝送させぬことである。不要なレーザー・モードを抑制するため貫通接続光学器内に光アイソレータが使用される。

【 0 0 3 0 】

更なる実施例にあつては、単ポートSOAに関連付けられた異なる波長に対し異なる往復進行時間を供与する二つの帰還光学器が使用される。該帰還光学器は二つのファイバ・グレーティング構造体と、単ポートSOAのポートにインタフェースを有する第一ポート及び、光学リング共振器構成をしたファイバ・グレーティング構造体のそれぞれの端部に接続した第二、第三ポートを有する光サーキュレータとを備えるのが好ましい。第一、第二ファイバ・グレーティング構造体は独特な周期性をもつファイバの全長に沿った個々の非オーバーラップ位置に配される複数のグレーティング構造体を有し、それぞれ一つのMWM Lレーザ波長を反射するが、ここで第一、第二ファイバ・グレーティングにおける各グレーティング構造体は各グレーティングの第一端から第二端へそれぞれ短い方の波長を

反射する。そこで、各 M W M L 波長のパルスに対しレーザー・キャビティ内にあって実質上同一な往復進行時間を供与するように第一ファイバ・グレーティングがその第一端に第二光サーキュレータ・ポートへのインタフェースをもたせ、第二ファイバ・グレーティングがその第二端に第三光サーキュレータへのインタフェースをもたせられるよう第一、第二ファイバ・グレーティングを構成する。変形実施例にあって、各波長に対する往復進行時間が実質上同一になるよう、有角ストライプ S O A に交番する帰還路が設けられるように有角ストライプ S O A の出力ポートから複数の波長でパルスを選択的に第一、第二グレーティングへ指し向ける変調器が光サーキュレータにとって代わる。

【 0 0 3 1 】

付加的な実施例にあって、帰還光学器にはファイバ・グレーティング構造体と、キャビティ長さ調整アームと、第一ポートに有角ストライプ S O A の出力ポートへのインタフェースをもたせ、第二ポートをファイバ・グレーティングに接続し、第三ポートをキャビティ長さ調整アームに接続した光サーキュレータとが含まれる。

【 0 0 3 2 】

更に他の実施例にあっては、第二有角ストライプ S O A も設け、各有角ストライプ S O A がポートを介しシングルモードファイバ・スプリッタの一方のアームに接続されるよう、そのスプリッタを使用して接続してもよい。

【 0 0 3 3 】

本発明は付属図面を参照し、本発明の現在の好適な実施例について以下の詳細な説明を通読した後によりよく理解されよう。

【 0 0 3 4 】

【 好適実施例の詳細な説明 】

上述した目的に合致し、本発明の現在好ましい例証的实施例に従い他の有益な特徴を供与するシステムと方法を図 4 ～図 1 1 に関し以下に説明する。これらの図に関し本明細書に行われた説明は唯一、解説を目的としたものであり、発明の範囲を決して制限しようとするものでないことを当業者であれば容易に理解されよう。

【 0 0 3 5 】

多数の波長で同時帰還を行い、キャビティ内にあって各種波長の各々のパルスに対し、ほぼ同一な往復進行時間を供与する設計のMWM Lレーザ共振器（キャビティ）の構造の実施例若干を図4（a）～図4（h）に示す。図4（a）～図4（h）に記載する例は、多くのキャビティモードが各周波数コームに含まれるようキャビティモード間隔を稠密にした図3に記載のタイプのMWM Lレーザを解説する。しかし、図4の実施例はすべて、従来の商用光学用途に用いられるタイプの適度に小さい気密封止パッケージに容易に含まれるコンポーネントを利用している。

【 0 0 3 6 】

図3のMWM LレーザにはSOAと帰還光学器のような主要コンポーネントを相互接続する自由空間光学器が使用される。従って、図3のMWM LレーザはSOAのような主要コンポーネントはシングルモードファイバ光ポート・インタフェースを使ってパッケージにすべきであるという、信頼性の保証と信頼性の適格に対する基本条件を満たすものではない。従って、図3のMWM Lレーザは大方の商用用途には適性を欠く。本発明の第一の目的はエポキシのような有機材料がパッケージ内に含まれぬよう、重要で能動的なコンポーネントを気密封止シングルモードファイバ付きパッケージに収容できるMWM Lレーザ設計を提供することである。図4に記載の各実施例では、気密封止パッケージ内の利得媒体から外界への唯一の接続は光ファイバを介して行われるが、ここでその密封パッケージはその内部にレーザ操作に影響することがあるエポキシのような有機物質を含まない。

【 0 0 3 7 】

図4に関し用いた用語“帰還モジュール”は光学コンポーネントの構成を表すが、その一つのポートに入射する光と対比し、その一つのポートから復帰する光エネルギーの割合が光の波長によって決まるよう、該ポートからの放出に備え、該ポートに入射する光を復帰させる機能を有する。光の波長によって決まることはMWM Lレーザのレーザ発光する波長を定義することを目的とするフィルタ効果を提供し、そのため、復帰する光エネルギーの割合をより大きくすることにな

る波長が通常、復帰する光エネルギーの割合をより少なくする波長に優先しレーザ波長として選択される。

【 0 0 3 8 】

図4に関し用いた“貫通接続光学器”という用語は光学コンポーネントの構成を表すが、第一ポートに入射する光に対比し、第二ポートから放出される光エネルギーの割合が光の波長によって決まるよう、第二ポートからの放出に備え第一ポートに入射する光を伝送する機能を有する。光の波長によって決まることはM W M Lレーザのレーザ発光する波長を定義することを目的とするフィルタ効果を提供し、そのため、伝送される光エネルギーの割合をより大きくすることになる波長が通常、伝送される光エネルギーの割合をより少なくする波長に優先してレーザ波長として選択される。

【 0 0 3 9 】

例えば、帰還光学器と貫通接続光学器にはファイバ・グレーティング、自由空間グレーティング、干渉フィルタ、エタロン・フィルタ、自由空間共振器、集積光共振器、又は有利と思われる他の波長選択光学器のような波長選択光学コンポーネントを含めてもよい。好適な実施例にあつては、小さいことと、パッケージ集積化の容易さからファイバ・グレーティングが好ましい。例えば、図5 (a) に示すように、帰還モジュール60の第一実施例にはサブマウントに装着する多重波長ファイバ・ブラッグ・グレーティング61と、環境への暴露が唯一、入力フィルタ63と電気リード線64を介して行われるように密封される熱電冷却器62を含めてもよい。他方、図5 (b) に示すように、帰還モジュール60に光結合器 (レンズ) 66、光マスク67及びミラー68に光学的に結合した反射グレーティング65を含めても差し支えない。必要に応じ、分散エレメント69も図5 (c) に記載するように、反射グレーティング65の前に設けてもよい。適切な帰還モジュールの他の例については当業者にとっては明らかであろう。

【 0 0 4 0 】

図4に実施された考案を拡張して、例えば多数の帰還光学器を使用するやり方とか、反射キャビティの長さ調整を含めることについて図7 (a) ～図7 (c) を参照して以下に解説する。

【 0 0 4 1 】

図4 (a) に記載する好適な実施例の概略図には図5 (a) ～図5 (c) に示す一つの帰還グレーティング構造体のような帰還光学器60に複合させた1ポート有角ストライプSOAのような1ポート利得媒体50が含まれ、それによって離散波形の各々に関わる正味利得と往復進行時間は放出しようとする波長総てに対し実質上等しくなる。実質上等しい往復進行時間に対する特定の必要条件ではファイバ・グレーティングの場合、ファイバの全長に沿った実質上同一位置における全波長に対し帰還が行われるよう、グレーティング構造体がガラス・ファイバ内屈折率の周期的変動を含むことが要求される。全波長に対する実質上等しい正味利得はグレーティング構造体を注意深く製作することによって供与されねばならない。出力は、利用できるのであれば、1ポート有角ストライプSOAの第二ポート (図4 (a) には示さず) から、あるいは光ファイバ・スプリッタから取り出し、キャビティ共振器内信号の一部がMWM Lレーザ (同様に図4 (a) には示さず) から外部接続できるようにする。この実施例はコンポーネントの経済性故に経済的な生産ができるので、現在では好ましい例である。

【 0 0 4 2 】

図4 (b) に記載するのはファブリ - ペロ・キャビティの構造をした2ポート有角ストライプSOA利得媒体80のそれぞれのポートに帰還光学器60、70を結合した2ポート利得媒体80を有するMWM Lレーザから成る好適な実施例に対する変形である。帰還光学器60、70は好ましくは、独特な周期性をもつファイバの全長に沿った個別の非オーバーラッピング位置に配した複数のグレーティング構造体を有し、それぞれ一つのMWM Lレーザ波長を反射するファイバ・グレーティングを備えるが、ここで第一、第二帰還光学器60、70の各々におけるそれぞれのグレーティング構造体は各グレーティング構造体の第一端から第二端へ短い方の波長をそれぞれ反射する。そこで、複数の波長の各々のパルスに対しレーザ・キャビティ内にあって実質上同一の往復進行時間が供与されるよう、第一ファイバ・グレーティング60がその第一端に第一有角ストライプSOAポートへのインタフェースをもたせ、第二ファイバ・グレーティング70がその第二端に第二有角ストライプSOAポートへのインタフェースをもたせるように

これら第一、第二ファイバ・グレーティング60、70が構成される。デュアル・グレーティング構造体を用いるこの実施例のMWM Lレーザ設計が有利とされるのは、全波長に対しポートへの往復進行時間を実質上等しくする個々のグレーティング構造体が、他の必要条件、たとえば全波長に対して実質上等しい正味利得にする条件下では、一貫して製造できない場合である。

【 0 0 4 3 】

MWM Lレーザ共振器の必須機能は総てのレーザ波長に対し等しい往復進行時間を供与することである。図6は、図4(b)に示されたタイプのMWM Lレーザの一例を図示しており、二つの帰還光学器がファイバ・グレーティング60、70からなっている。この例にあって各ファイバは、三つの別個の波長を反射する三つの別個周波数の三つの別々のグレーティング構造体を有する。しかし、二本のファイバは利得媒体80から外側に測ると各グレーティングの順序が逆になるように構成され、そのため、ファブリ・ペロ・キャビティ共振器内における三つの波長の各々の往復進行時間は同一である。それ故、最も短い波長は右側ファイバ内よりは、左側ファイバ内でより長い距離を伝播し、最も長い波長は図6に示す左側ファイバ内よりは、右側ファイバ内でより長い距離を伝播するが、それでもファイバ・グレーティング60、70で反射される総ての波長は同じ合計距離を伝播する。この同一アプローチは、数多くの別個の波長を反射する別個の周波数を持つ多数の別々のグレーティング構造体を有するファイバに適用できる。

【 0 0 4 4 】

各波長に対し往復進行時間が等しいという基準は利得媒体の利得を変調するために適用されるRF駆動周波数でモード同期を達成する上で必須である。RF駆動周波数はキャビティの往復進行時間に逆比例するため、その往復進行時間が実質上等しい場合に限って全波長で同時にモード同期が達成できる。

【 0 0 4 5 】

図4(a)、図4(b)、図6に記載するもの以外の別な構成も、本発明に従いMWM Lレーザ内の複数の波長に対して等しい往復進行時間を供与するために考案することができる。リング共振器をベースとするMWM Lレーザを形成するため、代わって貫通接続光学器90に複合させた2ポート利得媒体80に基づく

変形実施例を図4(c)に示す。貫通接続光学器の製作はファイバ・グレーティング又はプレーナ導波路回路のいずれかを用いた帰還光学器より簡単であると言っても差し支えない。プレーナ導波路回路にはグレーティングのような分散エレメント、アレイ構成の導波路グレーティング、あるいは他の分散エレメントを含めてもよい。代わって、自由空間光学器は貫通接続光学器に採用することができる。貫通接続光学器90の必須特性はMWM Lレーザが放出する波長に限って伝送し、実質上類似する正味利得をもつ他の波長は伝送しない能力である。貫通接続光学器の特性は反射可能であることで、従って、帰還光学器として機能することができる。各ポートに隣接する貫通接続光学器90の内部に光アイソレータ(図4(c)に明示せず)を使用すると、MWM Lレーザ内部に寄生振動を発生させるという貫通接続光学器に関連する反射率の傾向を排除する。

【 0 0 4 6 】

図4(c)に記載するようなリング・レーザ構造の一つの利点はMWM Lレーザの全波長に対し等しい往復進行時間を都合良く達成し得ることである。これは位相シフトによってオフセットをとった二つの連続したグレーティングを使用し、光を広い帯域では阻止し、狭い帯域では通過させる伝送ファイバを考案できるためである。このような伝送ファイバをリング構造の一部として連続して使用する例を図7(a)に示すが、そこではフィルタの伝送特性が各伝送フィルタ160の直下に概略的に示されている。個々の伝送フィルタ160を図に記載するようにカスケード配列することによって、図8に提示するものに類似する伝送特性が達成できる。アイソレータ170を用いリング・レーザ発光のみをできるようにし、各帯域外反射フィルタからのレーザ発光を防止する。スプリッタ180は帰還光から出力光を分離する。

【 0 0 4 7 】

図7(a)に記載するリング共振器の設計には循環パルスが各往復毎に利得媒体50の内部を通過し、往復の期間に減衰を被ることのない点で図6のファブリ・ペロ設計に優る際立った利点がある。このような減衰は非リングキャビティ構成の場合に起こり得るように、利得が消耗してしまったときに利得媒体80の内部を通過した結果であると言える。各往復の度に一回ではなく二回循環パルスが

利得媒体 80 の内部を通過する図 6 に記載する設計に対しては同じことを言うことはできない。この問題は図 6 に記載するレーザの一つのファイバ・ミラーの近くに利得媒体 80 を配することで軽減できる。そのような場合、ポンプが利得媒体 80 の内部を二回通過するが、その二回の通過は時間的に接近している。ファイバ・グレーティング技術を駆使した伝送ファイバ 160 の設計上の主要必要条件が、MWMLレーザの形成に用いるスペクトルが隣接したフィルタの除波帯域による通過帯域の閉塞を防止することであることは当業者であれば一層理解されよう。

【 0 0 4 8 】

図 7 (a) に記載する伝送フィルタ・チェーン 160 と同じ機能性を形成するために他のフィルタ構造を採用してもよい。例えば、このようなフィルタ構造には、帯域外波長の反射も伝送も行われぬ間に多数の離散波長を入力ポートから出力ポートへ通過できるようにするプレーナ導波路構成を含めることができる。

【 0 0 4 9 】

図 4 (d) に記載するのは 1 ポート利得媒体 50 を貫通接続光学器 90 と光サーキュレータ 100 に複合させた第二タイプのリング共振器をベースとした MWMLレーザから成る変形実施例である。図 4 (c) に関し説明した貫通接続光学器を使用した結果として得られる利点は 1 ポート利得媒体が使用されている間は保持される。光サーキュレータ 100 は上述した光アイソレータ 170 と同じ必要を満たす。その構成では、1 ポート利得媒体 50 を用いる利点があり、必要とされるシングルモードファイバ心合わせがより少ない、より単純なパッケージングである故に、2 ポート媒体と比較して一層経済的にすることができる。キャビティ内パワーの一部を抽出する出力端子光学器は図 4 (d) には記載されていない。この機能を達成するスプリッタは記載されており、図 7 (b) に関し以下に一層詳細に説明されている。

【 0 0 5 0 】

一つの 1 ポート利得媒体 50 に多数の帰還光学器 (60 、 70) を設けるために光サーキュレータ 100 を使用した変形実施例を図 4 (e) に示す。この実施例では、図 4 (b) の実施例に用いた二つの帰還構造が使用され、左図に記載さ

れる総てのMWM Lレーザ波長に対し等しい往復進行時間が供与されるが、図4 (c)に関連して説明した利点をもつリング共振器レーザの構造で実施される。この配列は図7 (b)の実施例におけるように、全波長に対し等しい往復進行時間を確実にする上で有利である。

【 0 0 5 1 】

光サーキュレータ100の代わりに変調器110が用いられて一組の帰還光学器からのパルスを代わる代わる他に指し向け、デュアル反射帰還エレメントを使用できるようにもするもので、図4 (e)に記載する実施例に代わる実施例を図4 (f)に示す。一回の往復に利得エレメント50内の通過二回が含まれるよう、キャビティ路が変更されることは当業者であれば理解されよう。駆動電子装置を含む変調器のコストがサーキュレータのコストより示差的に少ない場合、図4 (f)の配列は好ましいとすることができよう。これに関連し、このような変調器110は利得媒体50にモノリシックに一体化できる可能性がある。

【 0 0 5 2 】

図4 (e)に用いられているものと構造が類似する光サーキュレータ100に長さ調整アーム120を使用したところが図4 (g)に示される。長さの調整は、厳密な機械的制御もしくは圧電機械的制御のもとで実行でき、モード同期操作の自動サーボループ最適化を可能にする上で有効であると思われる。後者はMWM LレーザのRFクロック・ドライバに関わる位相同期制御と一緒にMWM Lレーザ繰り返し速度を外部クロックの繰り返し速度に同調させる上で有効である。4ポート又は、これより大きなオーダのポートを有するサーキュレータの形成に必要なとされる数のポートを加えるために複数のサーキュレータ100を複合することができる。第二サーキュレータ100が加えられた場合には、図4 (e)の実施例に示されるように、ただ一つの帰還光学器ではなく、二つの帰還光学器と共に長さ調整アーム120を使用することが出来る。長さ調整アームの設計は本発明のいずれの他実施例とも選択的に組み合わせることが出来る。

【 0 0 5 3 】

図4 (g)に記載するタイプのMWM Lレーザキャビティの設計についての詳細が図7 (b)に概略的に示されている。図7 (b)に示す設計では各種波長に

対しキャビティ内にあって実質上等しい往復走行時間が供与される。図7 (b) に示されるように、このMWMLレーザ共振器はファイバをベースにしている、往復毎に一回循環パルスを得る媒体190の内部に通過させ得るようにするため、光サーキュレータ220とスプリッタ230を介して従来のブラッグ・ファイバ・グレーティング200、210に接続した単一端部利得媒体190が使用される。マニュアル方式のキャビティ長さ調整装置（マイクロメータ）240がキャビティの長さを微調整するために設けられ、パルス繰り返し速度が機械的に調整される。図7 (b) に記載する設計では、各波長に対し同一の往復進行時間が供与されるよう、二つの同一の多重ブラッグ・ファイバ・グレーティング200、210が図6に記載するものとは逆な配向で使用される。ファイバ・グレーティング200、210が同一であることを確実にするため、これらを両ファイバの内部で同時に露光することができる。光サーキュレータ220の第四サーキュレータ・ポートはマイクロメータ240からの入力を受けてキャビティの長さを調整する。他の手段によって適切なキャビティの調整ができるのであれば、このポートを排除することができ、図7 (b) に記載する4ポート光サーキュレータ220の代わりに3ポートサーキュレータが代用される。スプリッタ230の分割比は好ましくは、出力に対して約10%であり、利得媒体190に対して約90%である。MWMLレーザは最適パルスを得るため、閾値を僅かに上まわった値でのみ作動し；より大きなエネルギーが後段増幅によって得られる。

【 0 0 5 4 】

図7 (b) に記載の1ポート利得モジュールの使用から得られる主要な恩恵は必要とされるパッケージングの単純さにある。前文で注目したように、ネットワークへの適用に際して設備される光ファイバコンポーネントは安定性に関し適格性を有することが求められる。従って、既存の技法が、DFBレーザといった1ポート放出体を用いて、高い信頼性を有する適用への適格性を認められたことは既にしっかり定着しており、その指針は“オフィス間用途における光電子デバイスに対する信頼性保証の実務 (Reliability Assurance Practices for Optoelectronic Devices in Interoffice Applications (ニュージャー

ジ州、Livingston、Bellcore)”なる表題のBellcore技術参考文献TR-NWT-000468に述べられている。高信頼性の有角ストライプSOA放出体モジュールを製造する各種の方法は当業者には知られている。このような方法は、内部熱電温度検出および制御、安定したシングルモードファイバの結合、裏ファセット・パワーのモニタ、高周波変調機能、および光アイソレーション、を供するいわゆるバタフライ・パッケージに装着されるDFBレーザ・チップの製造に際し実施される。光アイソレーションを除き、同じ特徴が本発明のMWM Lレーザに使用することになる1ポート利得モジュールに対して求められる。

【 0 0 5 5 】

利得媒体、即ちMWM Lレーザにおける唯一の能動光放射エレメントの故障に備え冗長度を供するため、二つの利得媒体140、150にスプリッタ130を使用したところを図4（h）に示す。これは更に図7（c）で解説される。二つの媒体のいずれかに対し同じ往復進行時間が維持されるよう、利得媒体内の光路長を整合させることによって二つの利得媒体の使用が可能になる。スプリッタ130の内部通過毎に関わる損失3 dBは有角ストライプSOAの付加的利得によって克服される。デュアル利得エレメントの設計を行うことによって得られる信頼性の強化は重要なことである。冗長性のある利得媒体設計は本発明のいずれの他実施例とも選択的に組み合わせることができる。

【 0 0 5 6 】

図4（a）～図4（h）に示す設計のモード同期レーザは閾値の近傍で最良の動作をし、大きなパワーを放出しないことに注目することが重要である。しかし、100 mW平均パワーを超過するパワー出力は電力増幅器の介助で得ることができる。

【 0 0 5 7 】

図4（a）～図4（h）に記載するMWM Lレーザ実施例の各々にあって、正味光学利得はレーザ発光の全波長で実質上等しくなるように設計する。等しくない範囲に対しては、当業者に知られたエルビウムをドーピングしたファイバ増幅器の利得を平滑化するために使用されるものに類似する手段を用いて、MWM L

レーザの対外的なパワー平滑化の実施が可能である。

【 0 0 5 8 】

前文で注目したように、本発明の上記実施例は重要で能動的コンポーネントが気密封止シングルモードファイバ付きパッケージ内に收容されるように設計されていて、エポキシのような有機材料はそのパッケージ内に含まれない。1ポート利得モジュール50（図9（a））と2ポート利得モジュール80（図9（b））を実施するこのようなパッケージが図9に示される。図9（a）に記載するように、1ポート利得モジュール50には、例えば光ファイバ52、光結合器（レンズ）53及びサブマウント／熱電冷却器55に装着した1ポート有角ストライプ能動エレメント54を收容した気密封止有機物不介在エンクロージャ51が含まれる。環境への唯一の接続部は気密貫通接続部58を通る光ファイバ56と電気リード線57である。同様に図9（b）に示すように、2ポート利得モジュール80には、例えば光ファイバ82、83、光結合器（レンズ）84、85及びサブマウント／熱電冷却器87に装着した2ポート有角ストライプ能動エレメント86を收容した気密封止有機物不介在エンクロージャ81が含まれる。環境への唯一の接続部は気密貫通接続部58を通る光ファイバ88、89と電気リード線57である。

【 0 0 5 9 】

ダイ・ボンディング、金属化、ワイヤ・ボンディング及び本発明のMWMLレーザの他のアスペクトを含むパッケージングは従来のDFBレーザのものに類似しているため、本発明のMWMLレーザの利得媒体の信頼性は $1.55\mu\text{m}$ 又は $1.31\mu\text{m}$ の波長帯域で放出する標準型DFBレーザのものに類似するであろうことが予期される。MWMLレーザ全体をテストする必要はあるが、材料と方法に類似性があるため、信頼性に関する適格性は容易に達成されるであろうことが暗示される。

【 0 0 6 0 】

当業者であれば有角ストライプSOA光放射体の製造に現在広く実施されていない構成であるデュアル・ファイバ結合が2ポート利得モジュールに必要とされることは理解されよう。従って、1ポート利得モジュールを用いるMWMLレー

ザは一般に2ポート利得モジュールを採用する設計より好ましいと言っても差し支えない。

【 0 0 6 1 】

一つのスプリッタを使用し二つが便宜的に並列複合され、一方の利得媒体が故障しても保護されていることが1ポート利得媒体の別な利点である。図7(c)に例を示す。図7(c)の実施例にあつて、分割比は好ましくは、出力に対し約10%であり、二つの利得媒体の各々に対しては約45%である。各利得媒体250又は260に至る二本のファイバの長さは厳密に整合されねばならない。實際上、二つの利得媒体250又は260の一方のみにバイアスが加えられ、能動的にモード同期されると考えられる。他方の利得媒体への電子スイッチングは光伝送システム内で故障が検出されると直ちにスタートするであろう。2ポート利得媒体構成の場合、二つのスプリッタが要求される。

【 0 0 6 2 】

本発明によるMWMLレーザの1ポート利得モジュールは1ポートSOAに基づいている。本発明によるMWMLレーザの2ポート利得モジュールは2ポートSOAに基づいている。このような光学増幅器は有角ストライプ設計を用いて最良に実施されるが、このような設計が10-6のオーダの広帯域、低反射率に帰結することが明らかになっているからである。各有角ストライプ・ポートは1ポート利得モジュールのパッケージ内部のファイバに結合される。

【 0 0 6 3 】

本発明によるMWMLレーザ内の利得媒体として有効な1ポート有角ストライプSOAに対する二つの設計を図10(a)、図10(b)に概略的に示す。図10(a)に示すエッチング処理したファセットの設計には利得媒体の一端から反射率を形成するためにエッチング処理して導波路280にしたファセット270が使用され、同時に外部／キャビティ結合端に有角ファセット290が用いられている。図10(b)に示すように、可飽和吸収体300をエッチング処理したファセット270の近傍に配してもよい。本発明によるMWMLレーザ内の利得媒体として有効な2ポート有角ストライプSOAに対して比較し得る類似性をもつ設計が図11(a)、図11(b)に概略的に示される。これらの実施例に

あつては、導波路330の各端部に有角ファセット310、320が設けられる。代わって、図11(b)に記載するように、ファセットの一方の近傍に可飽和吸収体340も配することができる。

【0064】

本明細書に教示した動作をする装置と方法は単に本発明を説明するに過ぎないことを理解すべきである。当業者であれば本発明の精神又は範囲から逸脱することなく変形が容易に考案されよう。例えば、MWM Lパルスの最適期間は関連する光伝送システムによって必要とされる速度よりも示差的に長くしてもよい。そのような場合、期間のより長いパルスは当業者に知られた方法に従いインタリーブして、より短い期間を達成してもよい。同様に、エッチング処理したファセット設計に代えて湾曲導波路設計を採用してもよい。そのような設計では、外部キャビティ結合に用いた第一ファセットは導波路に対し角度設定されるが、第二ファセットは導波路に垂直である。第二ファセットはMWM Lレーザからパルスを抽出するための出力結合に使用することができる。このような変形総ては付属する特許請求の範囲に含めるべく意図されている。

【図面の簡単な説明】

【図1】

基本パルス繰り返し期間が2.5GHzである従来のモード同期レーザの単一周波数コームを示す。

【図2】

多重波長モード同期(MWM L)有角ストライプSOAレーザの周波数コンポーネントのコームを複数示す。

【図3】

レーザ共振器にバルク光学器を使用した従来技術の単ストライプMWM L半導体レーザの概略図である。

【図4a】

本発明によるMWM Lレーザのレーザ共振器構造の実施例を示している。1ポート利得媒体で、その一つのポートに帰還光学器を結合してレーザ共振器を形成していることを示す。

【図 4 b】

本発明によるMWMLレーザのレーザ共振器構造の実施例を示している。2ポート利得媒体で、各ポートに帰還光学器を結合してレーザ共振器を形成していることを示す。

【図 4 c】

本発明によるMWMLレーザのレーザ共振器構造の実施例を示している。光学リング共振器を形成すべく貫通接続光学器に複合させた2ポート利得媒体を示す。

【図 4 d】

本発明によるMWMLレーザのレーザ共振器構造の実施例を示している。リング・タイプでもあるレーザ共振器を形成すべく貫通接続光学器と光サーキュレータに複合させた1ポート利得媒体を示す。

【図 4 e】

本発明によるMWMLレーザのレーザ共振器構造の実施例を示している。全波長に対し実質上等しい往復進行時間を確実にするため一つの1ポート利得エレメントに複数の帰還光学器を設けるべくサーキュレータを使用することが示される。

【図 4 f】

本発明によるMWMLレーザのレーザ共振器構造の実施例を示している。図4(e)に記載するものに代わる構成が示され、そこでは一組の帰還光学器からのパルスを代わる代わる別組に指し向けるべく変調器が使用され、デュアル反射帰還エレメントの使用もできるようにしている。

【図 4 g】

本発明によるMWMLレーザのレーザ共振器構造の実施例を示している。図4(e)に使用されたものと類似する構成のサーキュレータと長さ調整アームを用いたところを示す。

【図 4 h】

本発明によるMWMLレーザのレーザ共振器構造の実施例を示している。利得媒体の故障に備えて冗長度を設けるべくスプリッタに二つの利得媒体を用いたと

ころを示す。

【図 5 a】

本発明による気密封止帰還モジュールの代替実施例を示す。

【図 5 b】

本発明による気密封止帰還モジュールの代替実施例を示す。

【図 5 c】

本発明による気密封止帰還モジュールの代替実施例を示す。

【図 6】

図 4 (b) に記載するタイプの M W M L レーザの例が示されるが、そこでは二つの帰還光学器にはファイバ・グレーティングが含まれる。

【図 7 a】

位相シフトによってオフセットがとられた二つの連続したグレーティングを使用し、広帯域で光を阻止しながら狭帯域で光を通過させるように考案した伝送フィルタが使用されているところを示される。

【図 7 b】

位相シフトによってオフセットがとられた二つの連続したグレーティングを使用し、広帯域で光を阻止しながら狭帯域で光を通過させるように考案した伝送フィルタが使用されているところを示される。

【図 7 c】

一方の利得媒体の故障に対する保護をするためスプリッタを用い並列に複合した二つの 1 ポート利得媒体を示す。

【図 8】

簡単な 3 波長の例に対する本発明の M W M L レーザの光学的周波数の関数としての光学利得を示す。

【図 9 a】

本発明による 1 ポート型の気密封止利得モジュールを示す。

【図 9 b】

本発明による 2 ポート型の気密封止利得モジュールを示す。

【図 10 a】

本発明による 1 ポート有角ストライプ・エッチング処理ファセット S O A の代替設計を示す。

【図 1 0 b】

本発明による 1 ポート有角ストライプ・エッチング処理ファセット S O A の代替設計を示す。

【図 1 1 a】

本発明による 2 ポート有角ストライプ・エッチング処理ファセット S O A の代替設計を示す。

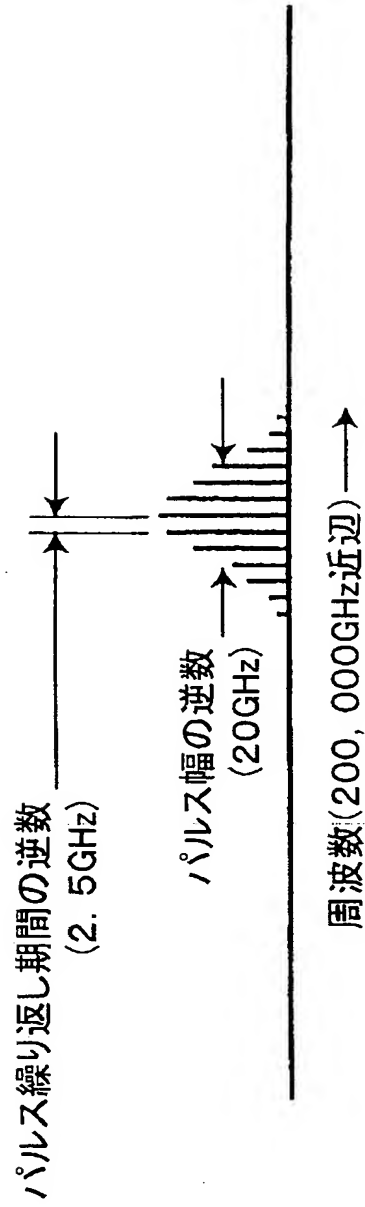
【図 1 1 b】

本発明による 2 ポート有角ストライプ・エッチング処理ファセット S O A の代替設計を示す。

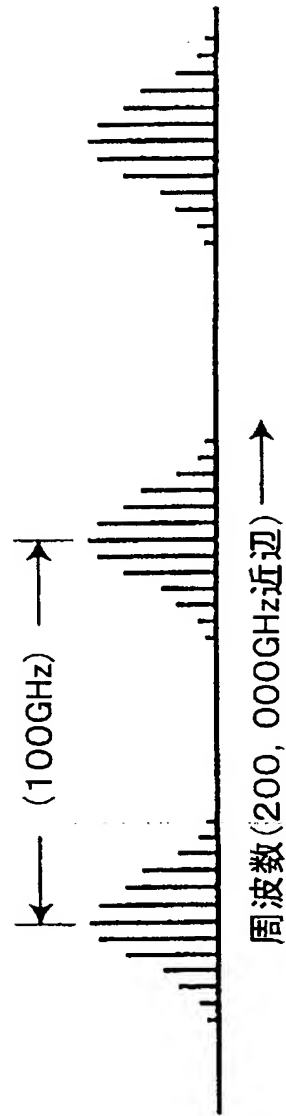
【符号の説明】

1 0 : 多重波長モード同期 (M W M L) レーザ光ソース、1 2 : 有角ストライプ半導体光学増幅器、1 4 : RFソース、1 6 : キャビティ内空間フィルタ、1 8 : グレーティング、2 0、2 2、2 4、2 6 : レンズ、2 8、3 0、3 2 : ミラー、5 0 : 1 ポート利得モジュール、6 0、7 0 : 帰還モジュール、8 0 : 2 ポート利得モジュール、9 0 : 貫通接続モジュール、1 0 0 : 光サーキュレータ、1 1 0 : 変調器、1 2 0 : 長さ調整アーム、1 3 0 : スプリッタ、1 4 0、1 5 0 : 利得モジュール、1 6 0 : フィルタ、1 7 0 : アイソレータ、1 8 0 : スプリッタ、1 9 0、2 5 0、2 6 0 : 利得媒体、2 0 0、2 1 0 : ファイバ・グレーティング、2 2 0 : 光サーキュレータ、2 3 0 : スプリッタ、2 4 0 : 長さ調整マイクロメータ、2 7 0、2 9 0 : ファセット、2 8 0、3 3 0 : 光導波路。

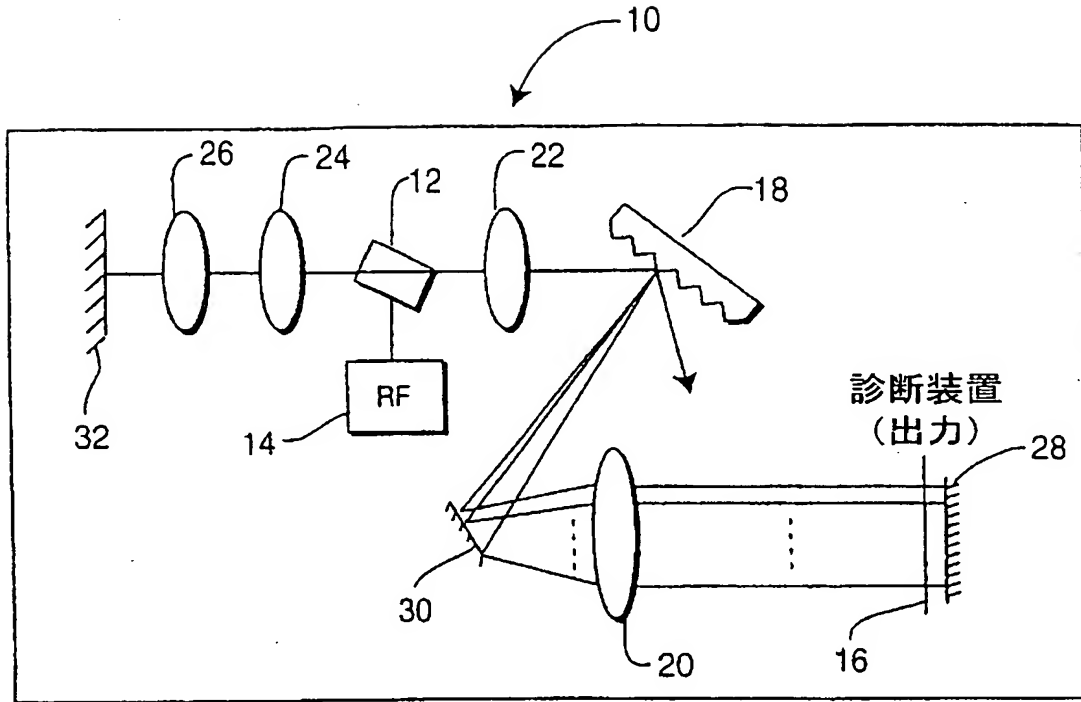
【 図 1 】



【 图 2 】



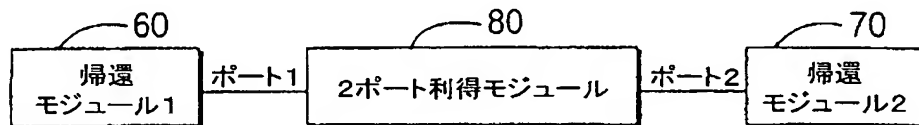
【 図 3 】



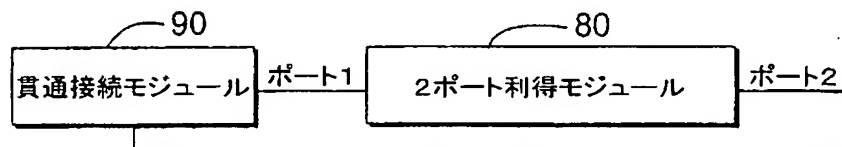
【 図 4 a 】



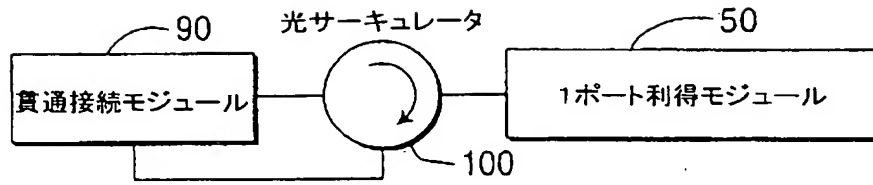
【 図 4 b 】



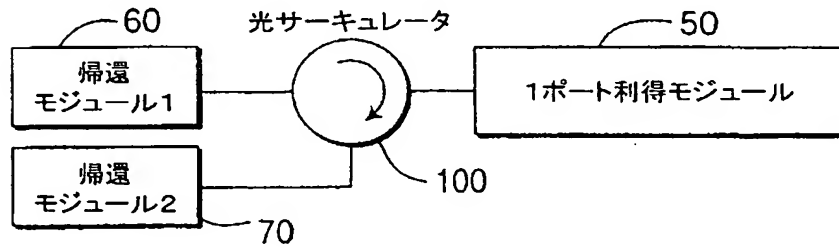
【 図 4 c 】



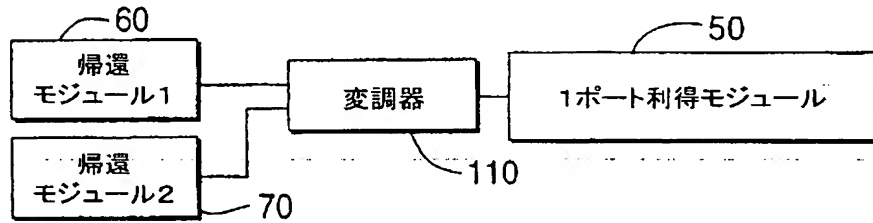
【図 4 d】



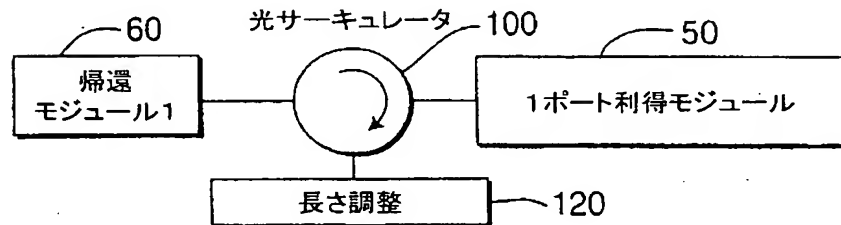
【図 4 e】



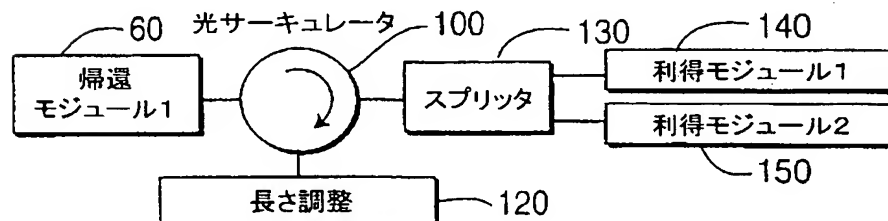
【図 4 f】



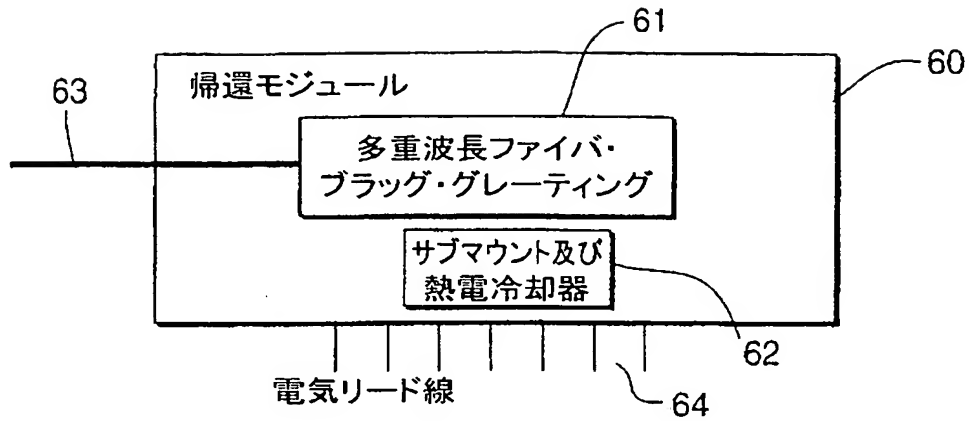
【図 4 g】



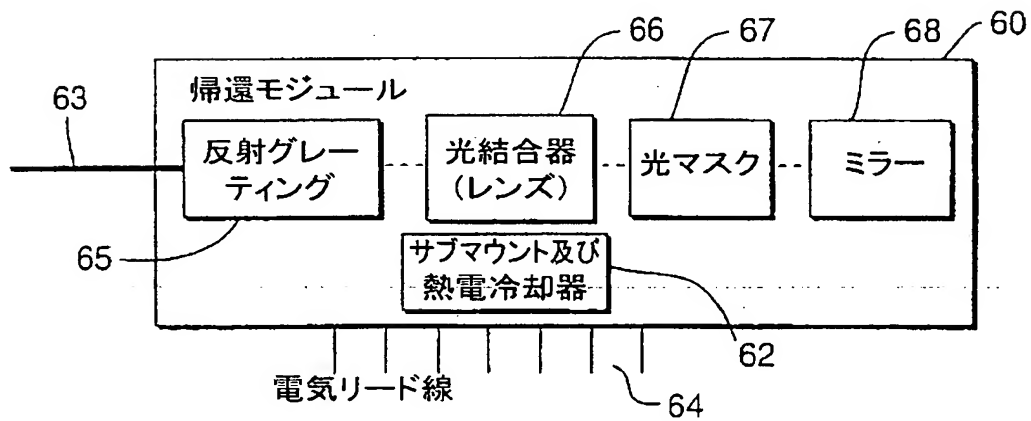
【図 4 h】



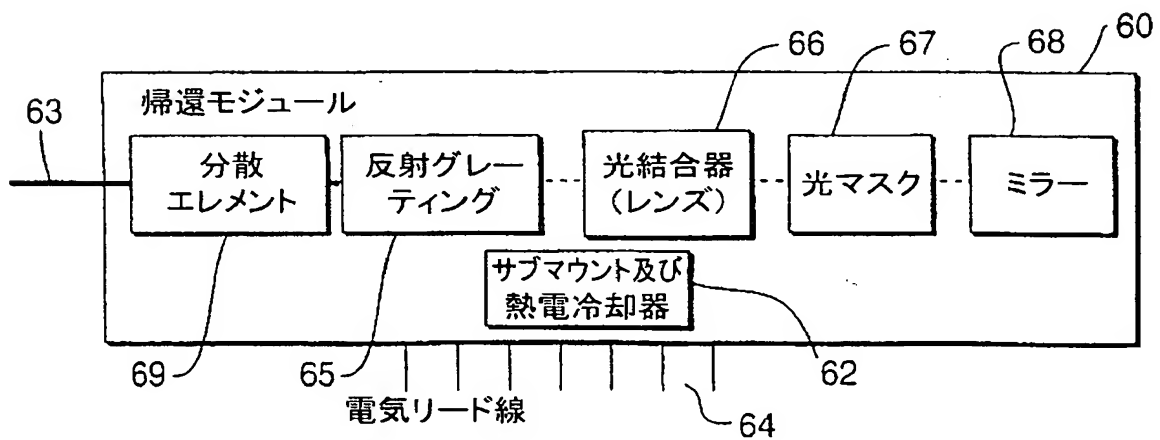
【 図 5 a 】



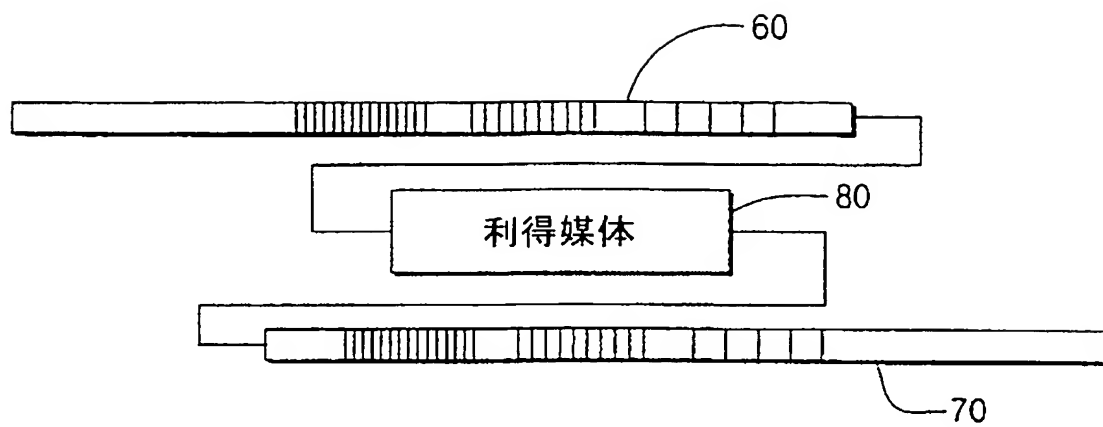
【 図 5 b 】



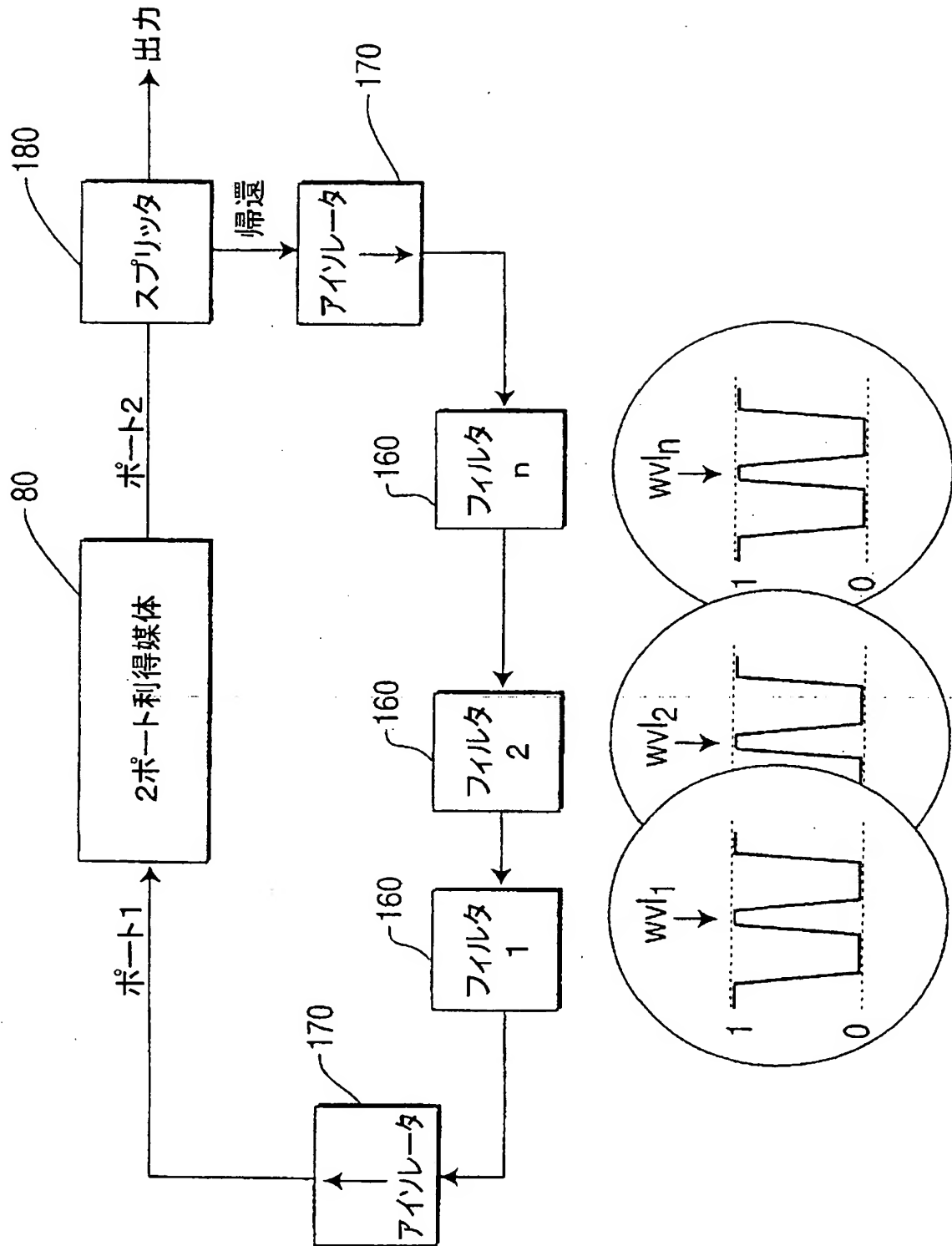
【 図 5 c 】



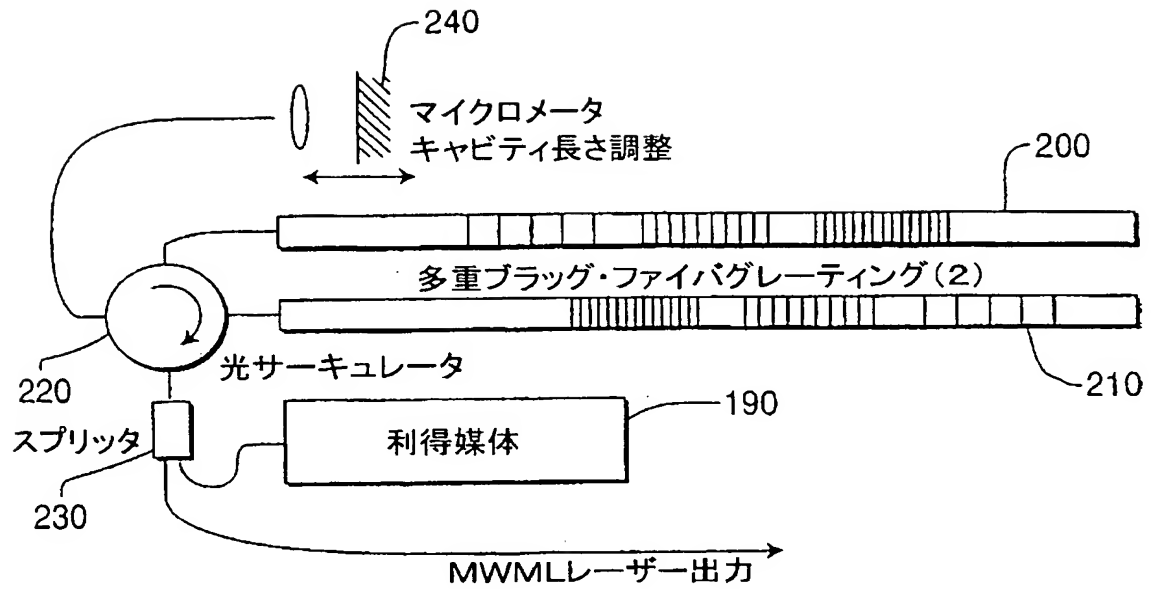
【 図 6 】



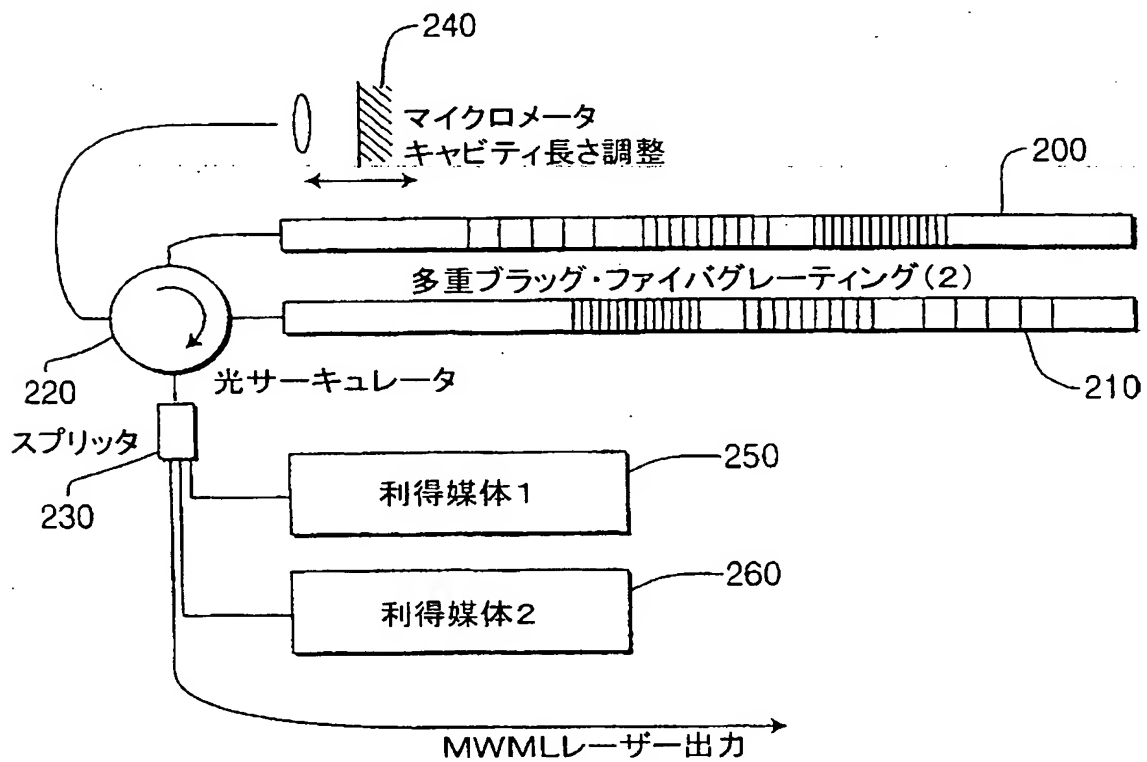
【 図 7 a 】



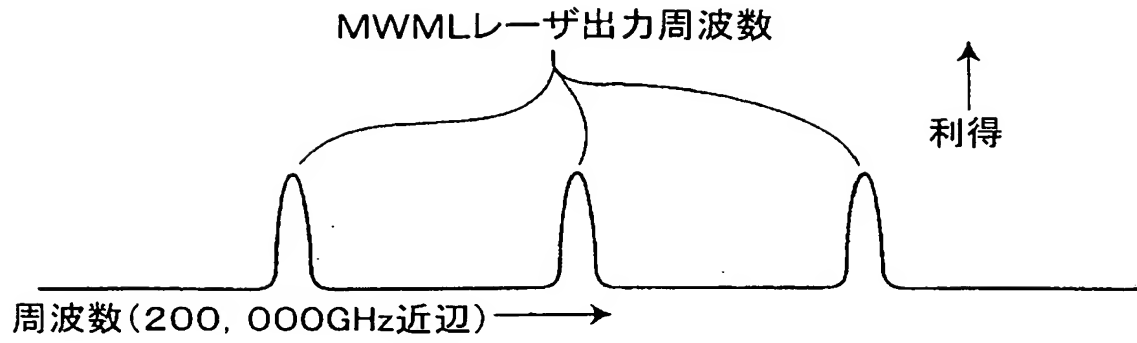
【 図 7 b 】



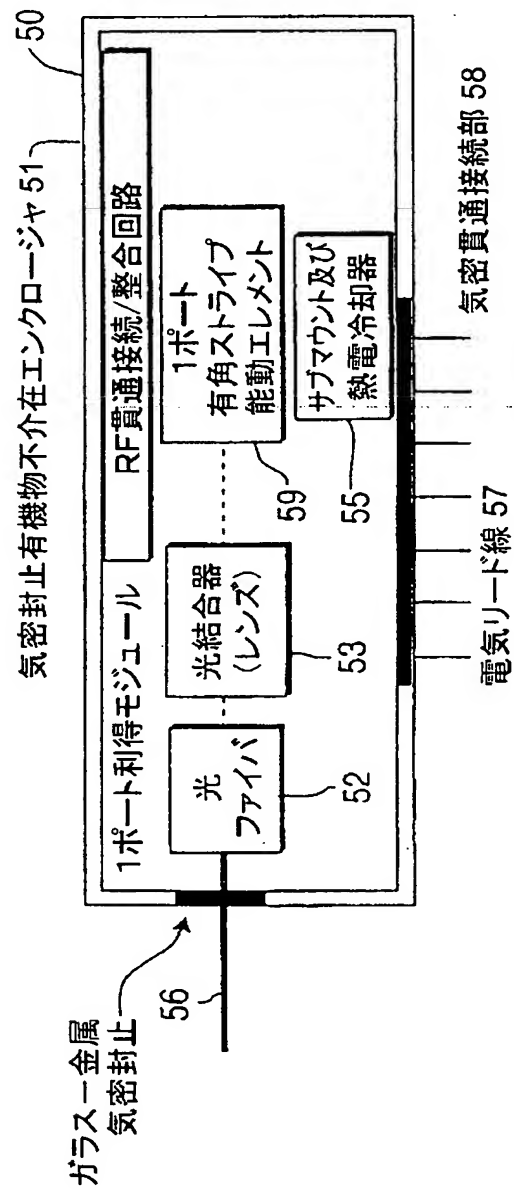
【 図 7 c 】



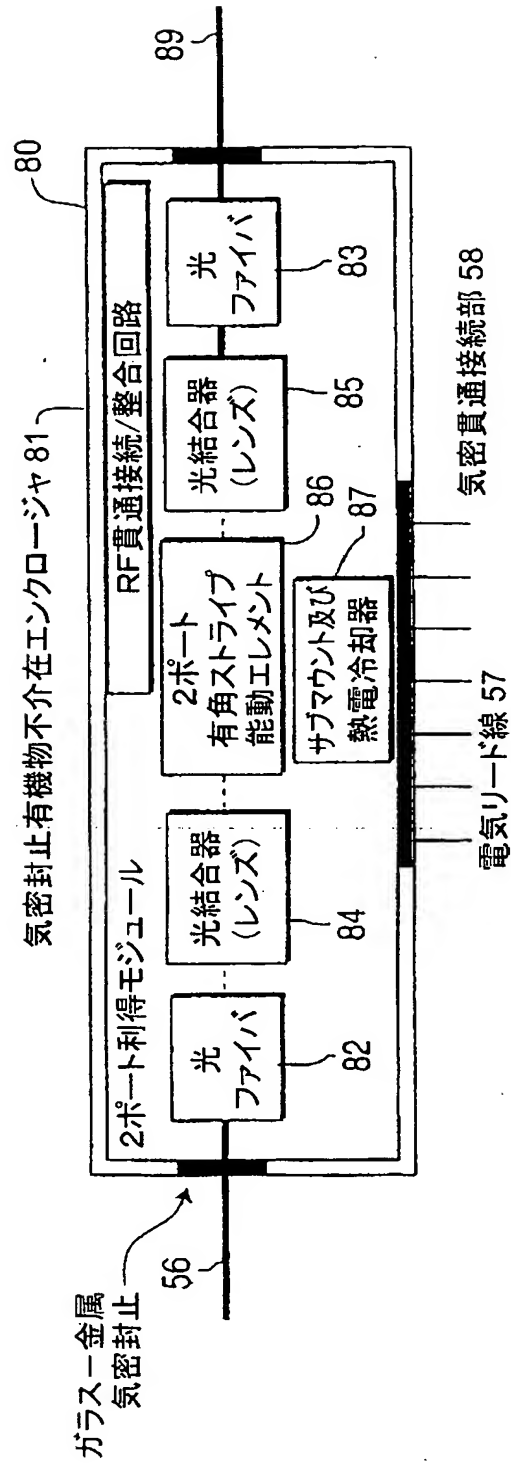
【 図 8 】



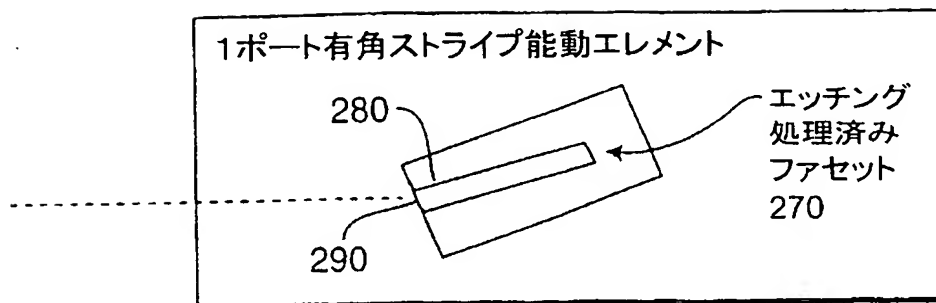
【 図 9 a 】



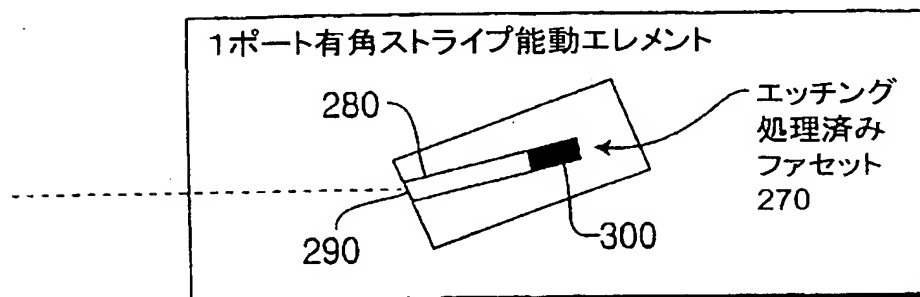
【 図 9 b 】



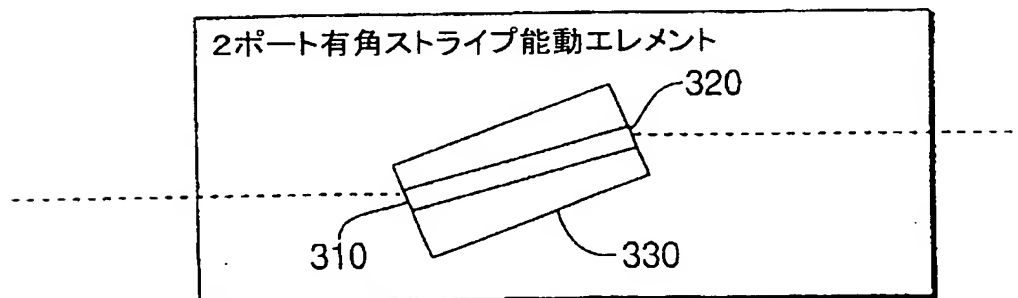
【図 10 a】



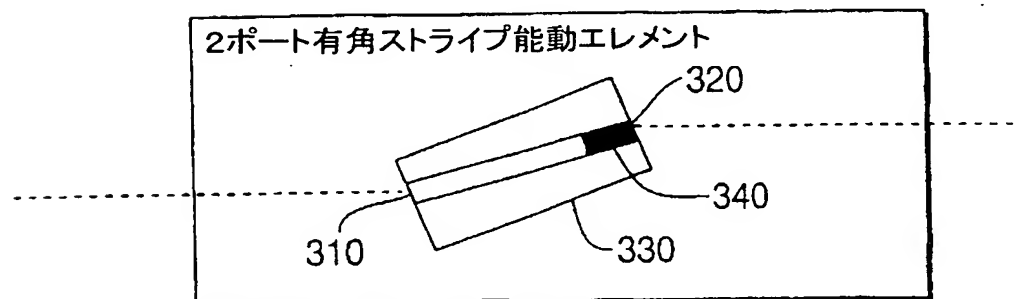
【図 10 b】



【図 11 a】



【図 11 b】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US99/21691

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC(6) : H01S 3/098 US CL : 372/6 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) U.S. : 372/6, 18, 23, 43, 66, 94, 96, 102; 385/24, 37; 359/340, 341, 344 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched NONE Electronic data base consulted during the international search (name of data base and where practicable, search terms used) Please See Extra Sheet.		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5,265,107 A (DELFYETT, JR.) 23 November 1993 (23-11-1993), see entire document.	1-15
Y	US 5,128,956 A (AOKI ET AL.) 07 July 1992 (07-07-1992), see entire document, especially col. 2 lines 25-35.	1-15
A	US 5,590,142 A (SHAN) 31 December 1996 (31-12-1996), see entire document.	1-15
A	US 5,295,209 A (HUBER) 15 March 1994 (15-03-1994), see entire document, especially figs. 6-7 and col. 8.	1-15
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: 'A' document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance 'B' earlier document published on or after the international filing date 'L' document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) 'O' document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means 'P' document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed 'T' later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention 'X' document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone 'Y' document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art 'Z' document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 12 NOVEMBER 1999		Date of mailing of the international search report 09 FEB 2000
Name and mailing address of the ISA/US Commissioner of Patents and Trademarks Box PCT Washington, D.C. 20231 Facsimile No. (703) 305-3230		Authorized officer MICHAEL J. STAHL Telephone No. (703) 308-0956

Form PCT/ISA/210 (second sheet)(July 1992)*

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US99/21691

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	SHI ET AL. Four-wavelength, 10-GHz picosecond pulse generation from an active mode-locked single-stripe diode laser. In: 1997 OSA Technical Digest Series, Volume 11, Conference Edition, p. 86. 20 May 1997 (20-05-1997), see entire document.	1-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US99/21691

B. FIELDS SEARCHED

Electronic data bases consulted (Name of data base and where practicable terms used):

USPTO APS - BRS

search terms: semiconductor optical amplifier, multiwavelength, modelocked or modelocking, laser, fiber grating, hermetic, delfyett

フロントページの続き

(81)指定国 EP(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AP(GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZW